



Aalborg Universitet

AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

Energirenovering af etagebyggeriet

Kragh, Jesper; Aggerholm, Søren

Published in:
Energirenovering af etagebyggeriet

Publication date:
2010

Document Version
Accepteret manuscript, peer-review version

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):

Kragh, J., & Aggerholm, S. (2010). Energirenovering af etagebyggeriet. I *Energirenovering af etagebyggeriet* Videncenter for energibesparelser i bygninger. <http://www.byggeriogenergi.dk/29131>

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.



Videncenter for
energibesparelser i bygninger

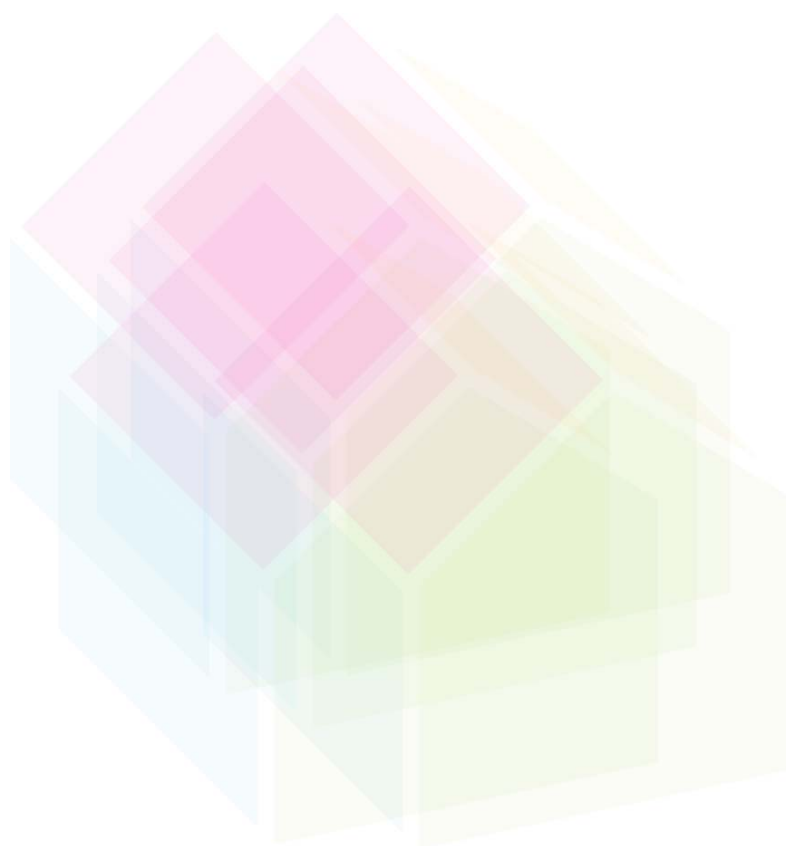
Gregersensvej 1
Bygning 2
2630 Taastrup

Telefon 7220 2255

info@ByggeriOgEnergi.dk
www.ByggeriOgEnergi.dk

Energirenovering af etagebyggeriet

Juni 2010



Titel	Energirenovering af etagebyggeriet
Udgave	1. udgave
Udgivelsesår	2010
Forfatter	Jesper Kragh, Statens Byggeforskningsinstitut
Sprog	Dansk
Sidetal	
Litteraturhenvisninger	Side 17
Emneord	Energibesparelser, eksisterende byggeri, energimærkning, BBR, besparelspotentialer, klimaskærm.
ISBN	
Tegninger	Jesper Kragh
Omslag	
Udgiver	Videncenter for energibesparelser i bygninger Gregersensvej 1 Bygning 2 2630 Taastrup

Eftertryk i uddrag tilladt, men kun med kildeangivelses.

Indhold

Forord	4
Indledning	5
Etagebyggeriets klimaskærmkonstruktioner.....	6
Lofter	7
Ydervægge.....	8
Terrændæk / gulve.....	9
Vinduer og døre	10
Etagebyggeriets varmeinstallationer	11
Kedler.....	11
Fjernvarme	12
Cirkulationspumper	13
Energibesparelspotentiale	14
Renoveringsscenarie	14
Konklusion	16
Referencer	17

Forord

Arbejdet med dette notat er initieret af Videncenter for energibesparelser. Formålet er at belyse energibesparelspotentialt i etagebyggeriet. Til analysen er anvendt data for etagebyggeriets isoleringsniveau for lofter, ydervægge, terrændæk og vinduer samt relevante nøgleværdier for varmeinstallationernes ydeevne mht. energiforbrug.

Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet
Energ og Miljø
Oktober 2009

Søren Aggerholm
Forskningschef

Indledning

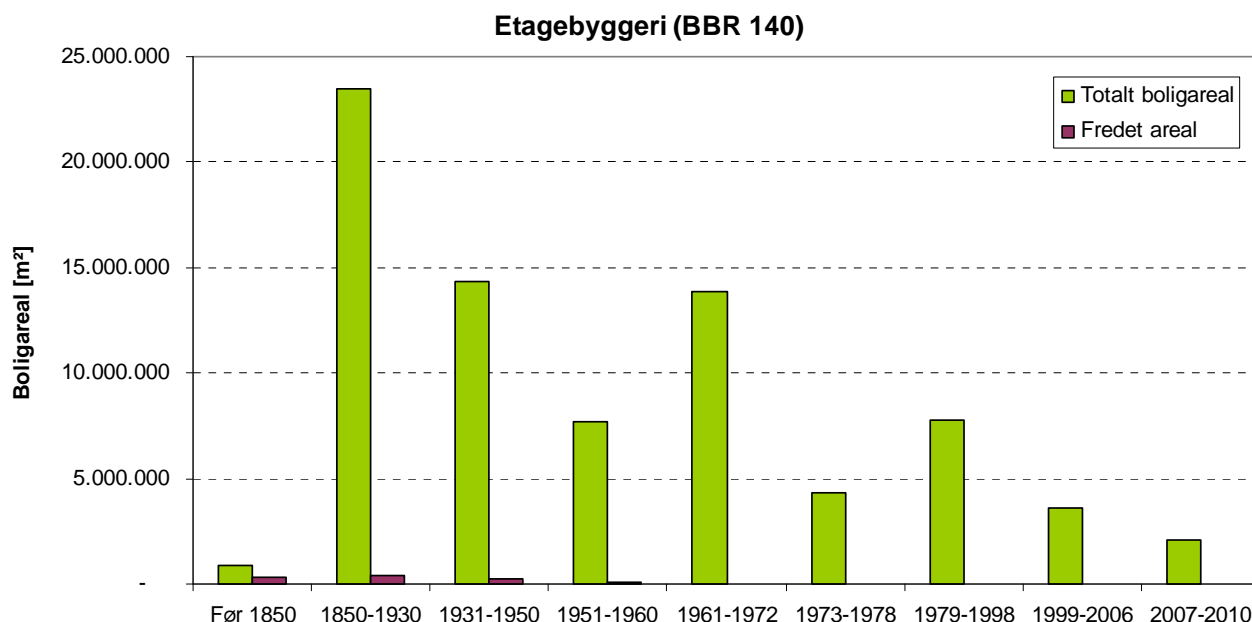
Nærværende rapport er en efterfølger til rapporten, *Energibesparelspotentialet ved energirenovering af etagebyggeri og bygninger til undervisning og forskning* [1]. I denne rapport er dog ikke medtaget bygninger til undervisning og forskning.

I denne sammenhæng dækker "etagebyggeri" bygninger registreret i Bygnings- og boligregisteret (BBR) med anvendelseskode 140 Etageboligbebyggelse (flerfamiliehus, herunder to-familiehus, vandret adskillelse mellem enhederne).

Der er i rapporten anvendt nedenstående byggeperioder:

Byggeperiode	Antal bygninger [3]
Før 1850	2.246
1850-1930	42.617
1931-1950	16.840
1951-1960	5.592
1961-1972	6.565
1973-1978	2.098
1979-1998	8.728
1999-2006	3.413
2007-2010	1.432

Figur 1 viser det registrerede boligareal fra BBR 2010 [3] opgjort efter byggeperiode.



Figur 1 Samlet boligareal for etagebyggeri opgjort efter opførelsesperioder samt det fredede areal, som ikke medtages i besparelspotentialet [3]

Det ses, at en stor andel af etagebyggeriet er opført mellem 1850-1950 og mellem 1961-1972. Arealet af fredet etagebyggeri ses at være beskeden.

Etagebyggeriets klimaskærmkonstruktioner

Der er i det følgende foretaget udtræk fra energimærkningsordningens database [2] for energikonsulenternes registreringer af etagebyggeriets konstruktioner. Opgørelserne er baseret på ca. 7.400 etagebygninger.

For den energimærkede bygning er der for hver klimaskærmskonstruktion registreret et areal og en tilhørende U-værdi. U-værdien angiver varmetabet i W/m²K.

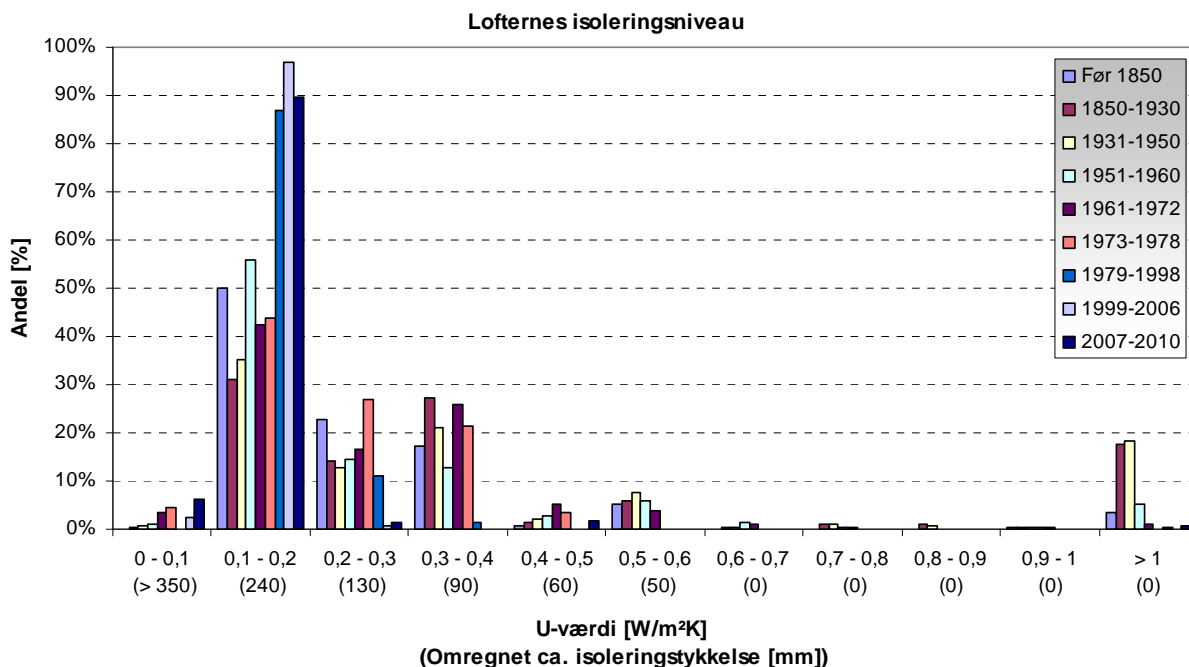
For hver byggeperiode er der i det følgende beregnet en arealvægtet U-værdi for loft, ydervæg, terrændæk og vinduer.

Den arealvægtede U-værdi beregnes som:

$$U_{\text{vægtet}} = \frac{\sum U \cdot A}{\sum A}$$

Lofter

Der er udtrukket data for lofter registreret med sfb kode 27. Figur 2 viser fordelingen af den arealvægtede U-værdi med angivelsen af en beregnet ca. isoleringstykkelse.



Figur 2 Lofternes isoleringsniveau er fundet ved en arealvægtning af samtlige registrerede U-værdier for konstruktioner med sfb kode 27 (Tage). U-værdierne er omregnet til en tilsvarende ca. isoleringstykkelse med antagelse af en standard loftkonstruktion.

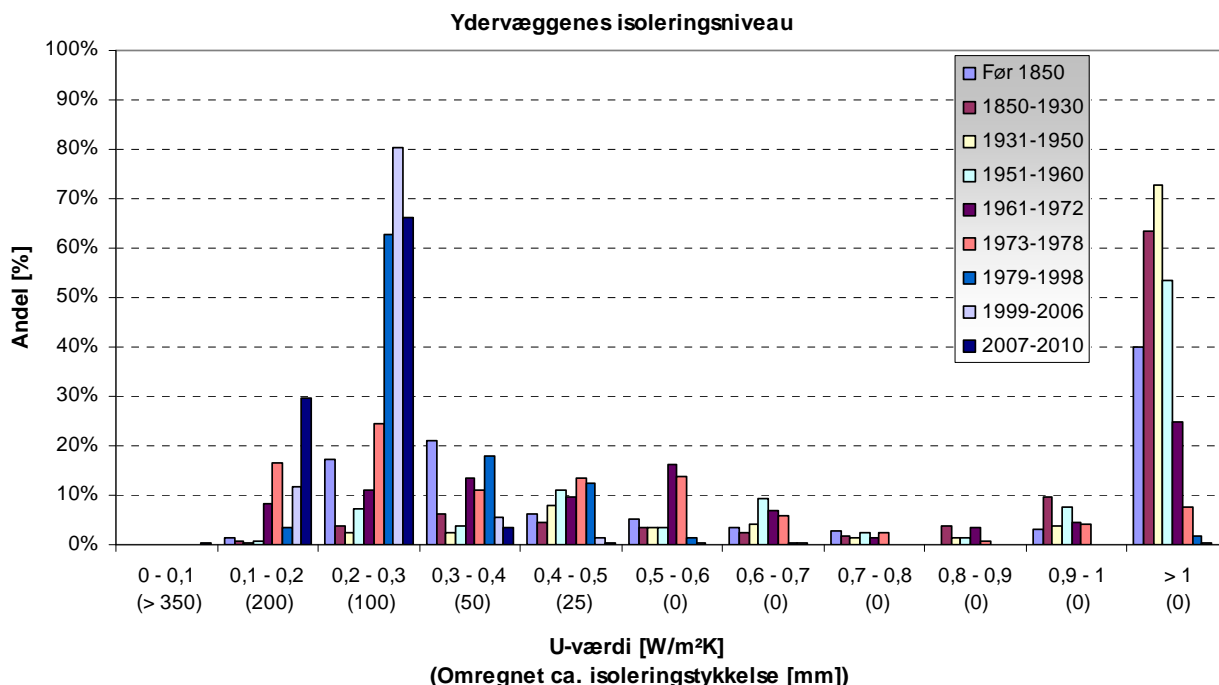
Det ses af Figur 2 at der for opførelsesperioderne 1850 - 1930 og 1931 - 1950 stadig findes relativt mange (ca. 20%) uisolerede lofter. Omvendt ses at meget få etagebygninger har et isoleringsniveau på loftet på mere end 350 mm. Desuden ses at der generelt findes mange lofter med en isoleringstykkelse under 125 mm. Tabel 1 viser U-værdi fordelingen og den gennemsnitlige arealvægtede U-værdi for de forskellige byggeperioder.

Tabel 1 Fordelingen af den arealvægtet U-værdi for etagebyggeriets lofter opgjort efter opførelsesperiode og en beregnet gennemsnitlig U-værdi. Det markerede område angiver to scenarier for hvor den nuværende isoleringstykkelse anbefales forbedret.

Arealvægtet U-værdi [W/m²K] (Omregnet ca. isoleringstykkelse [mm])												
Fordeling [%]	0-0,1 (350)	0,1-0,2 (240)	0,2-0,3 (125)	0,3-0,4 (90)	0,4-0,5 (60)	0,5-0,6 (50)	0,6-0,7 (50)	0,7-0,8 (0)	0,8-0,9 (0)	0,9-1 (0)	> 1 (0)	Gennemsnit U-værdi
Før 1850	0	50	23	17	1	5	0	0	0	0	3	0,32
1850-1930	0	31	14	27	1	6	0	1	1	0	18	0,52
1931-1950	1	35	13	21	2	8	0	1	1	0	18	0,53
1951-1960	1	56	15	13	3	6	1	0	0	0	5	0,34
1961-1972	4	42	17	26	5	4	1	0	0	0	1	0,30
1973-1978	4	44	27	21	3	0	0	0	0	0	0	0,25
1979-1998	0	87	11	1	0	0	0	0	0	0	0	0,22
1999-2006	2	97	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,16
2007-2010	6	90	1	0	2	0	0	0	0	0	1	0,17
Total	2	53	13	17	2	4	0	0	0	0	8	0,36

Ydervægge

Der er udtrukket data for ydervægge registreret med sfb kode 21. Figur 2 viser fordelingen af den arealvægtede U-værdi med angivelsen af en beregnet ca. isoleringstykkelse.



Figur 3 Lofternes isoleringsniveau er fundet ved en arealvægtning af samtlige registrerede U-værdier for konstruktioner med sfb kode 31 (Ydervægge). U-værdierne er omregnet til en tilsvarende ca. isoleringstykkelse med antagelse af en standard tung ydervægskonstruktion.

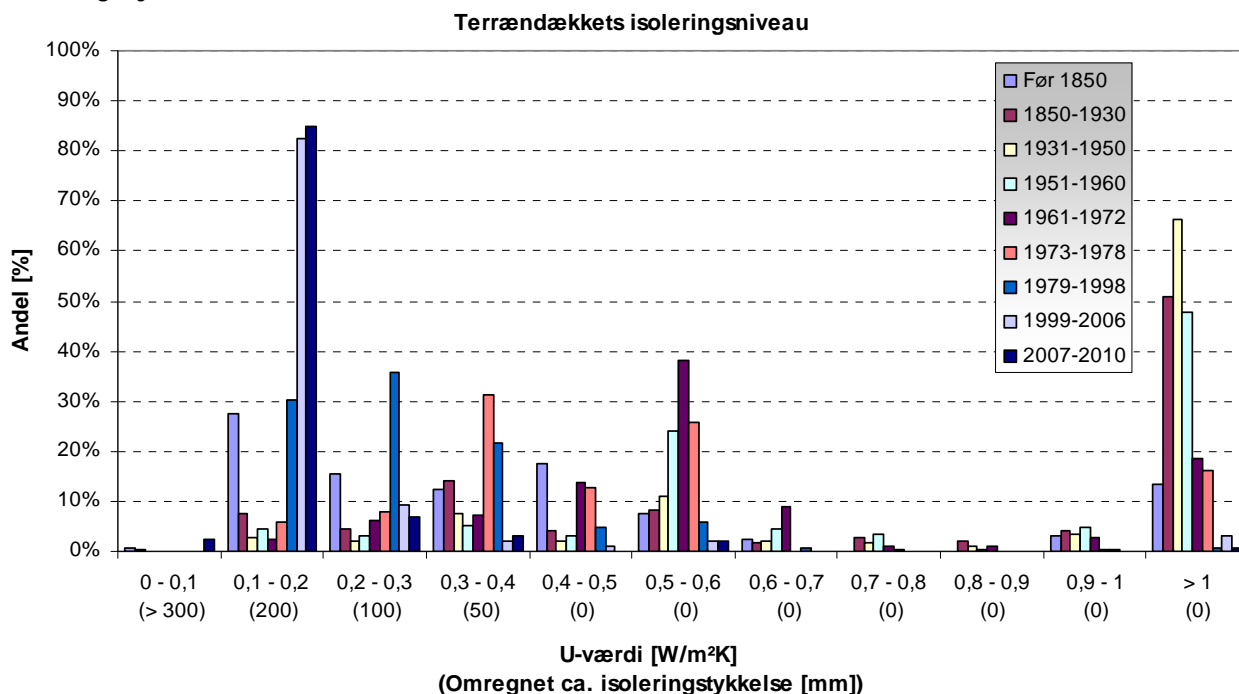
Det ses af Figur 3, at der for opførelsesperioderne frem til og med 1972 forsat findes relativt mange uisolerede ydervægge og at meget få har et isolerings-niveau på mere end 200 mm. Fra før 1972 ses også, at der generelt findes mange m² med en isoleringstykkelse under 100 mm. Tabel 2 viser U-værdi fordelingen og den gennemsnitlige arealvægtede U-værdi for de forskellige byggeperioder.

Tabel 2 Fordelingen af den arealvægtet U-værdi for etagebyggeriets ydervægge opgjort efter opførelsesperiode og en beregnet gennemsnitlig U-værdi. Det markerede områder angiver, hvor den nuværende isoleringstykkelse anbefales forbedret.

Arealvægtet U-værdi [W/m²K] (Omregnet ca. isoleringstykkelse [mm])												
Fordeling [%]	0-0,1 (350)	0,1-0,2 (200)	0,2-0,3 (100)	0,3-0,4 (50)	0,4-0,5 (25)	0,5-0,6 (0)	0,6-0,7 (0)	0,7-0,8 (0)	0,8-0,9 (0)	0,9-1 (0)	> 1 (0)	Gennemsnit U-værdi
Før 1850	0	1	17	21	6	5	3	3	0	3	40	0,83
1850-1930	0	1	4	6	5	3	3	2	4	10	63	1,12
1931-1950	0	0	2	3	8	4	4	1	1	4	73	1,22
1951-1960	0	1	7	4	11	4	9	2	1	8	53	1,07
1961-1972	0	8	11	14	10	16	7	1	4	5	25	0,77
1973-1978	0	17	25	11	14	14	6	2	1	4	7	0,53
1979-1998	0	4	63	18	12	1	0	0	0	0	2	0,35
1999-2006	0	12	80	6	1	0	0	0	0	0	0	0,28
2007-2010	0	30	66	4	0	0	0	0	0	0	0	0,24
Total	0	5	23	8	7	5	3	1	2	5	40	0,84

Terrændæk / gulve

Der er udtrukket data for terrændæk registreret med sfb kode 13. Figur 2 viser fordelingen af den arealvægtede U-værdi med angivelsen af en beregnet ca. isoleringstykkelse.



Figur 4 Terrændækkets isoleringsniveau er fundet ved en arealvægtning af samtlige registrerede U-værdier for konstruktioner med sfb kode 13 (Terrændæk). U-værdierne er omregnet til en tilsvarende ca. isoleringstykkelse med antagelse af en typisk terrændækskonstruktion.

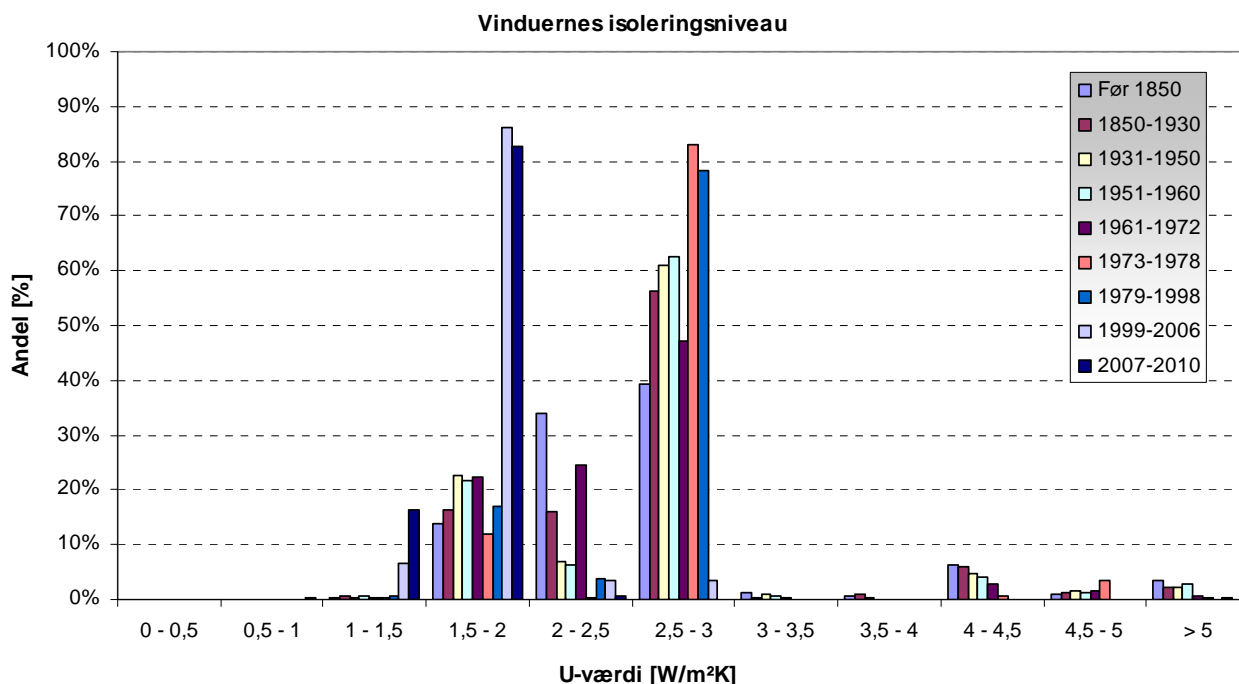
Det ses af Figur 3, at der for opførelsesperioderne fra før 1850 til om med 1978 findes markant mange uisolerede terrændæk. Omvendt ses at meget få etagebygninger har et isoleringsniveau for terrændækket på mere end 300 mm. Desuden ses, at der generelt findes mange terrændæk med en isoleringstykkelse under 100 mm. Tabel 3 viser U-værdi fordelingen og den gennemsnitlige arealvægtede U-værdi for hver byggeperiode.

Tabel 3 Fordelingen af den arealvægtet U-værdi for etagebyggeriets terrændæk opgjort efter opførelsesperiode og en beregnet gennemsnitlig U-værdi. Det markerede område angiver, hvor den nuværende isoleringstykkelse anbefales forbedret.

Arealvægtet U-værdi [W/m²K] (Omregnet ca. isoleringstykkelse [mm])												
Fordeling [%]	0-0,1 (300)	0,1-0,2 (200)	0,2-0,3 (100)	0,3-0,4 (50)	0,4-0,5 (0)	0,5-0,6 (0)	0,6-0,7 (0)	0,7-0,8 (0)	0,8-0,9 (0)	0,9-1 (0)	> 1 (0)	Gennemsnit U-værdi
Før 1850	1	27	15	13	17	7	2	0	0	3	14	0,51
1850-1930	0	7	4	14	4	8	2	3	2	4	51	0,98
1931-1950	0	3	2	8	2	11	2	2	1	3	66	1,18
1951-1960	0	4	3	5	3	24	4	3	0	5	48	1,04
1961-1972	0	2	6	7	14	38	9	1	1	3	19	0,71
1973-1978	0	6	8	31	13	26	0	0	0	0	16	0,59
1979-1998	0	30	36	22	5	6	1	0	0	0	1	0,30
1999-2006	0	82	9	2	1	2	0	0	0	0	3	0,22
2007-2010	2	85	7	3	0	2	0	0	0	0	1	0,19
Total	0	20	10	12	6	15	3	1	1	2	31	0,74

Vinduer og døre

Figur 2 viser fordelingen af den udtrukne arealvægtede U-værdi for vinduer og døre.



Figur 5 Vinduer og døres isoleringsniveau er fundet ved en arealvægtning af samtlige registrerede U-værdier for disse.

Vinduer med U-værdier over 3,5 W/m²K kan antages at være med et lag glas og vinduer med U-værdier mellem 2 og 3 kan antages at være med en ældre termorude. Det ses således, at der er en relativ stor andel af vinduer med ældre termoruder.

Tabel 4 viser U-værdi fordelingen med angivelse af den gennemsnitlige arealvægtede U-værdi for de forskellige byggeperioder.

Tabel 4 Fordelingen af den arealvægtet U-værdi for etagebyggeriets vinduer og døre opgjort efter opførelsesperiode. Det markerede område angiver, hvor den nuværende vinduesløsning anbefales forbedret ved enten en total udskiftning eller alternativt renovering til vindue med ny energirude eller forsatsløsning med energiglas.

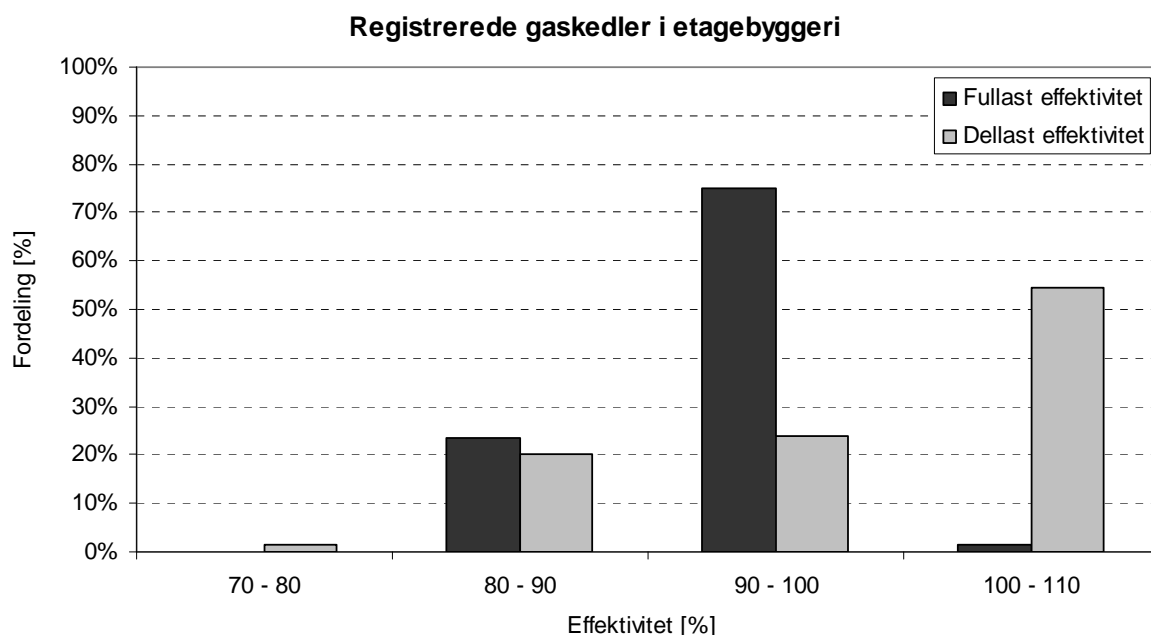
Arealvægtet U-værdi [W/m²K] (Omregnet ca. isoleringstykkelse [mm])												
Fordeling [%]	0 - 0,5	0,5 - 1	1 - 1,5	1,5 - 2	2 - 2,5	2,5 - 3	3 - 3,5	3,5 - 4	4 - 4,5	4,5 - 5	> 5	Gennemsnit U-værdi
Før 1850	0	0	0	14	34	39	1	1	6	1	3	2,61
1850-1930	0	0	1	16	16	56	0	1	6	1	2	2,65
1931-1950	0	0	0	23	7	61	1	0	5	1	2	2,63
1951-1960	0	0	1	22	6	62	1	0	4	1	3	2,64
1961-1972	0	0	0	22	25	47	0	0	3	2	1	2,48
1973-1978	0	0	0	12	0	83	0	0	1	3	0	2,69
1979-1998	0	0	1	17	4	78	0	0	0	0	0	2,51
1999-2006	0	0	7	86	4	3	0	0	0	0	0	1,72
2007-2010	0	0	16	83	1	0	0	0	0	0	0	1,59
Total	0	0	5	15	13	60	0	0	4	1	2	2,55

Etagebyggeriets varmeinstallationer

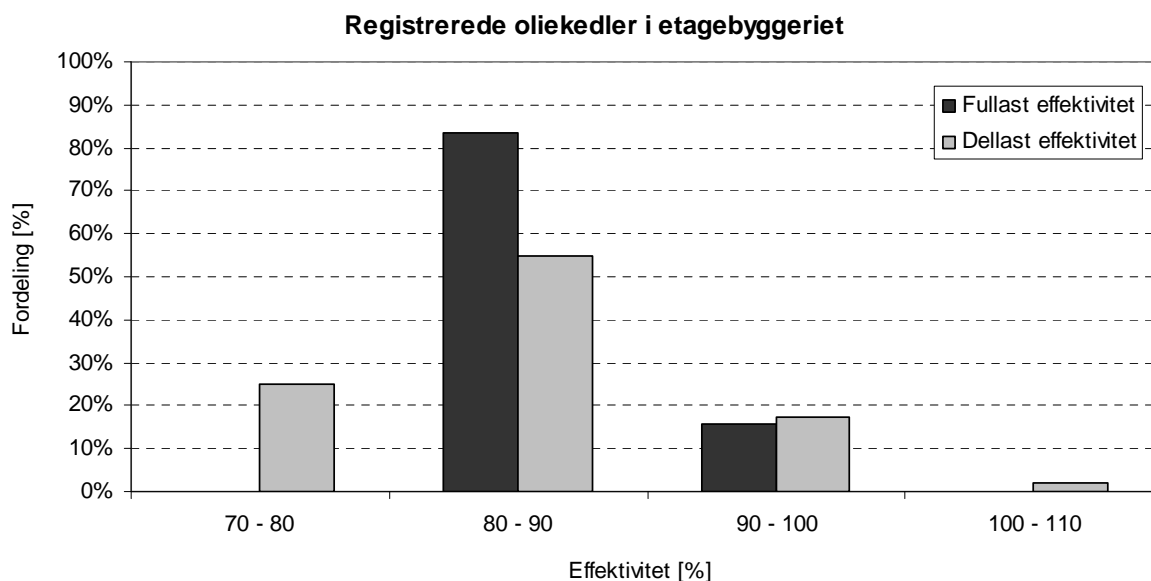
Fra energimærkningsordningen er desuden udtrukket data for varmeinstallationerne mht. deres effektiviteter (kedler) og varmetabskoefficienter (fjernvarmeveksler) mm.

Kedler

Kedlerne er opdelt efter om anlægget er olie- eller gasfyret. Figur 6 og Figur 7 viser fordelingen for hhv. gas- og oliefyrede kedler mht. til deres effektivitet ved fuldlast og dellast.



Figur 6 Fordeling af den registrerede effektivitet for gasfyrede kedler i etagebyggeriet. Fordelingen er baseret på ca. 1.600 etageejendomme.



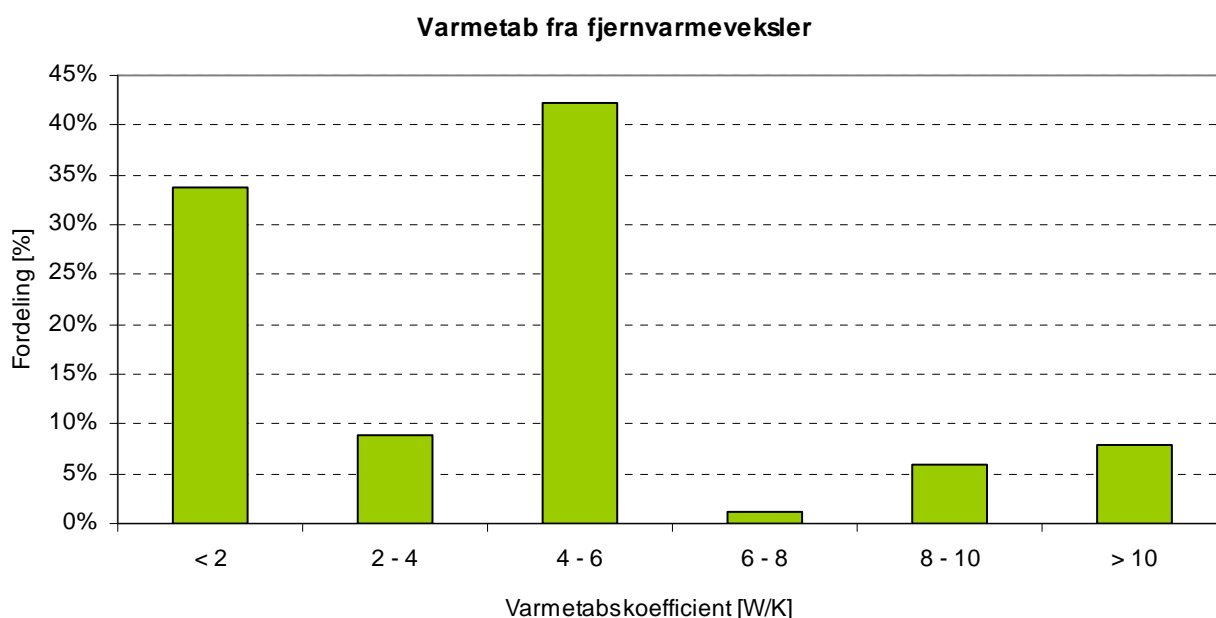
Figur 7 Fordeling af den registrerede effektivitet for oliefyrede kedler i etagebyggeriet. Fordelingen er baseret på ca. 600 etageejendomme.

For de gasfyrede kedler ses af Figur 6, at der er ca. 20% der har en forholdsvis lav effektivitet ved dellast på mellem 80-90%. Udskiftning af disse kedler udgør dermed et stort energibesparelspotentiale.

For størsteparten af de oliefyrede kedler (ca. 98%) er effektiviteten ved dellast under 100%, hvilket indikerer at kedlerne er af ældre dato. Dermed er der også for oliekedler et stort energibesparelspotentiale ved enten at foretage en udskiftning af gamle kedler til nye kondenserende eller hvis det er muligt at foretage en varmekonvertering til fjernvarme.

Fjernvarme

For fjernvarmevekslere er udtrukket data for vekslerens varmetab og om installationen er udført til at opvarme brugsvandet. Figur 8 viser fordelingen af fjernvarmevekslernes varmetabskoefficienter. Jo lavere værdien er, jo mindre er varmetabet fra veksleren. En høj værdi indikerer således at varmeveksleren er af ældre dato (før 1980).



Figur 8 Udtræk af etagebyggeriets fordeling af fjernvarmevekslernes varmetabskoefficienter. Fordelingen er baseret på ca. 1.600 etageejendomme

Som det ses af Figur 8, er der samlet ca. 15% af fjernvarmevekslerne, der har en varmetabskoefficient større end 8 W/K. Disse ældre fjernvarmevekslere udgør dermed også et energibesparelspotentiale.

Cirkulationspumper

For cirkulationspumper til varme er der udtrukket data for pumpens reduktionsfaktor, der angiver forholdet mellem optaget el-effekt i middel over pumpens driftstid i forhold til pumpens nominelle effekt.

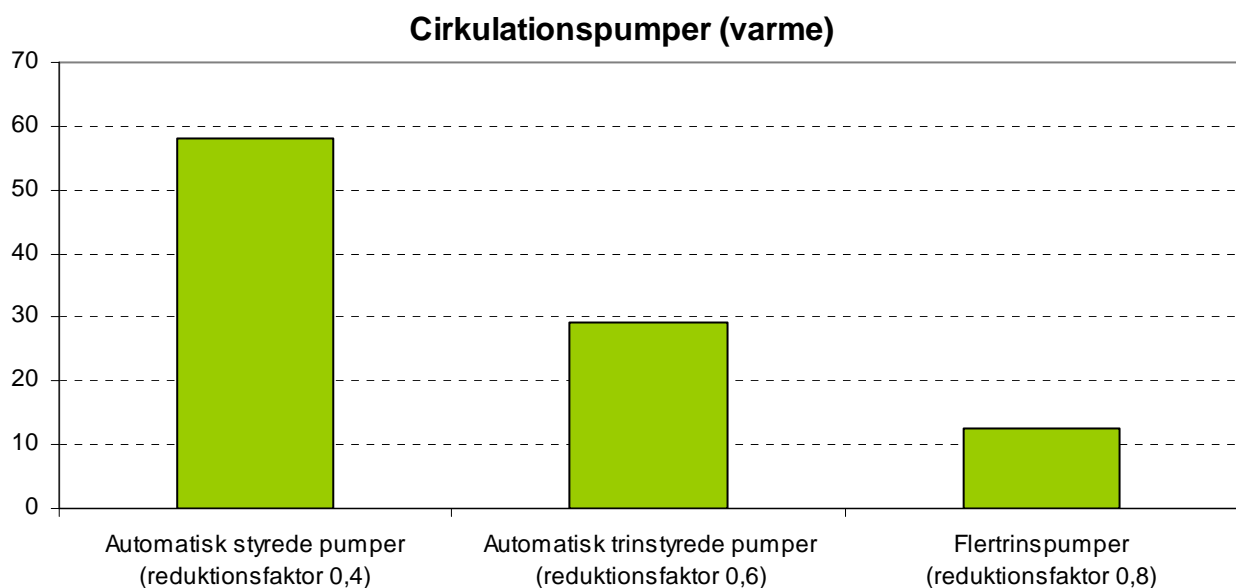
Reduktionsfaktoren er typisk

0,8 for flertrinspumper med manuel indstilling af driftstrin

0,6 for automatisk trinstyrede pumper

0,4 for automatisk styrede pumper

Som det ses af Figur 9 er der i etagebyggeriet ca. 10% af cirkulationspumperne der er såkaldte simple flertrinspumper, som dermed kunne udskiftes til mere energibesparende pumper med automatisk styring.



Figur 9 Fordeling af cirkulationspumpernes reduktionsfaktorer.

Energibesparelspotentiale

Til at beregne energibesparelspotentiale anvendes en beregningsmodel af den danske bygningsmasses energiforbrug til rumvarme og varmt brugsvand udviklet af SBI. Modellen er anvendt i rapporten *Potentielle energibesparelser i det eksisterende byggeri*, [4]. Modellen forudsætter en række antagelser om en gennemsnitsbygning for hver af de tidligere omtalte byggeperioder.

Beregningsmodellen er verificeret med opgørelsen i Energistatistik 2008 [5] for det klimakorrigerede energiforbrug til rumvarme og varmt brugsvand. Forskellen er mindre end 3%. Samlet har etageboligerne et årligt forbrug på næsten 40 PJ eller ca. 10.500.000 MWh.

Der er i det følgende renoveringsscenarie ikke medtaget besparelser mht. renovering af varmeinstallationer.

Renoveringsscenarie

Der arbejdes i det følgende med renoveringsscenarier, der følger de isoleringsniveauer, der er anbefalet af Videncenter for Energibesparelser.

Nogle konstruktioner kan være renoveret siden opførelsen eller kan være udført med en relativ stor isoleringstykkelse, hvilket begrænser besparelsen og derfor ikke umiddelbart kan anbefales renoveret alene med henblik på energibesparelsen. Tabel 5 viser U-værdigrænsen for de forskellige konstruktioner mht. hvornår de medtages i den samlede besparelsesopgørelse.

Tabel 5 Anvendte U-værdier og grænseværdier. I parentes er angivet den nødvendige isoleringstykkelse, der skal til for at opfylde U-værdi kravet for typiske konstruktioner. Til beregning af konstruktionernes samlede U-værdi er anvendt overgangsisolanser og materialeegenskaber for typiske konstruktioner jf. DS 418. Det er antaget at isoleringen har en varmeledningsevne på 0,04 W/mK.

	Ydervægge	Tage	Terrændæk	Vinduer
U-værdi – grænseværdi	0,20 (ca. 100 mm)	0,20 (ca. 125 mm)	0,20 (ca. 100 mm)	2,0
U-værdi – forbedret	0,09 (+ 250 mm)	0,09 (+ 300 mm)	0,11 (til 300 mm)	1,4

Konstruktioner med U-værdier over grænseværdien efterisoleres til kravet netop er opfyldt.

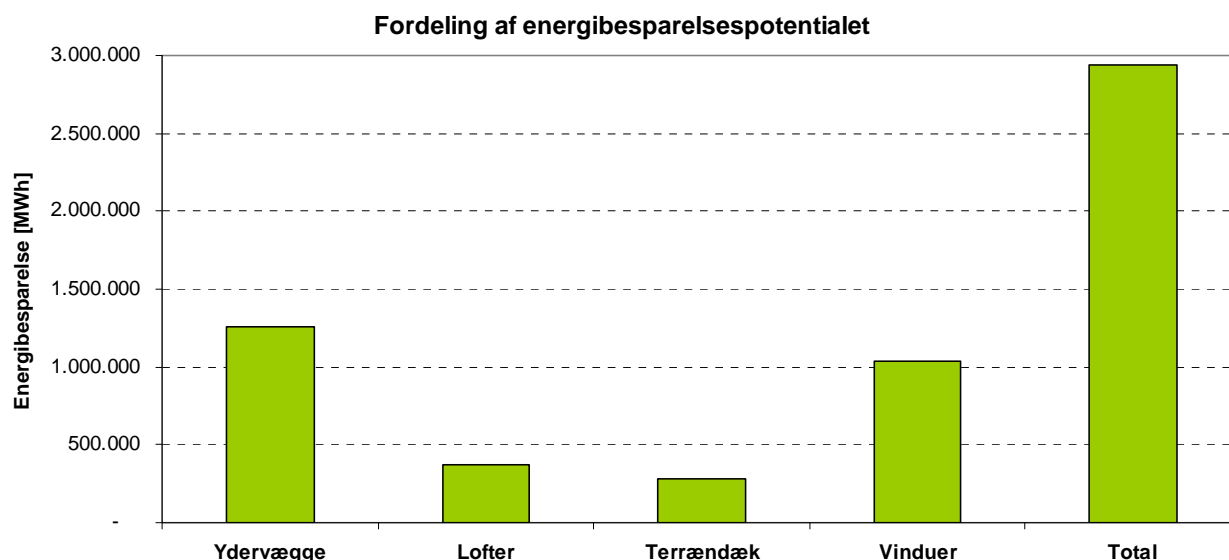
Tekniske, arkitektoniske og økonomiske barrierer vil begrænse den andel af konstruktionerne der reelt forbedres.

Ydervægge og gulve er forholdsvis komplicerede at efterisolere, hvorfor andelen der realistisk vil blive efterisoleret må formodes af være lavere. Andelen for vinduer er omvendt sat højt (90%), da det er en konstruktion, der dels har en kortere levetid og dels er relativt let at udskifte eller renovere. Tabel 6 viser scenariets anvendte forbedringsandel for hver klimaskærmskonstruktion.

Tabel 6 Andel af klimaskærmskonstruktionerne der antages forbedret

Konstruktion	Ydervægge	Tage	Gulve	Vinduer
Andel der forbedres [%]	75	80	50	90

Ved brug af ovenstående renoveringsscenarie er der beregnet et årligt energibesparelspotentiale for de danske etageboliger. Resultatet er vist på Figur 10.



Figur 10 Samlet energibesparelspotentiale ved brug af renoveringsscenariet fra Tabel 5 og Tabel 6.

Tabel 7 viser energibesparelspotentialet opgjort efter byggeperioderne. Størst ses potentialet at være for etagebyggeri opført mellem 1850-1930.

Tabel 7 Samlet energibesparelse til rumopvarmning i etagebyggeri

MWh	Ydervægge	Lofter	Terrændæk	Vinduer	Total
Scenarie					
Grænse eksis. isolering	100 mm	125 mm	100 mm	2,0	Alle tiltag
Andel der renoveres	75 %	80%	50%	90%	
Ny isolering/U-værdi	+300	+300	til 300	1,4	
Før 1850	11.314	2.872	1.828	7.721	23.735
1850-1930	550.604	176.355	103.697	305.527	1.136.183
1931-1950	338.133	102.826	74.857	179.011	694.827
1951-1960	146.211	27.377	36.731	98.557	308.876
1961-1972	148.190	42.916	40.965	207.780	439.851
1973-1978	29.464	11.300	11.865	81.643	134.272
1979-1998	30.614	8.561	7.991	151.143	198.309
1999-2006	-	-	-	5.012	5.012
2007-	-	-	-	282	282
Total	1.254.531	372.209	277.935	1.036.677	2.941.352

Samlet set opnås der ved det anvendte renoveringsscenarie en årlig energibesparelse på ca. 2.940.000 MWh svarende til ca. 10,6 PJ. I forhold til energiforbruget til rumvarme og varmt brugsvand 2008, svarer dette til en besparelse på ca. 28%.

Konklusion

På baggrund af udtræk af data fra energimærkningsordningen for etagebyggeriet kan det sammenfattes, at der for bygninger opført før 1950 stadig findes relativt mange dårligt isolerede lofter (ca. 20%). Størsteparten af lofterne er generelt isoleret med mindre end 100 mm og kun meget få bygninger har et loftisoleringsniveau over 350 mm. Ligeledes findes der for bygninger opført før 1972 stadig mange uisolerede ydervægge.

Andelen af vinduer med ældre termoruder er mere end 70% og udgør dermed et stort besparelspotentiale, da varmetabet for vinduet ca. halveres ved udskiftning til nye energiruder eller helt nye vinduer.

For de gasfyrede kedler er der ca. 20%, der har en forholdsvis lav effektivitet ved delast på mellem 80-90%. Udskiftning af disse kedler udgør dermed også et stort energibesparelspotentiale. Størsteparten af de oliefyrede kedler har en effektivitet der indikerer at de ikke er kondenserende. Ca. 80% af bygningerne har kedler med effektiviteter under 90% og udgør dermed ligeledes et stort besparelspotentiale.

Et renoveringsscenarie hvor klimaskærmen forbedres til Videncenterets anbefalinger for hhv. isoleringstykkelser og vinduesløsninger, viste et årligt energibesparelspotentiale på ca. 2.940.000 MWh (10,7 PJ) svarende til ca. 28% af det nuværende forbrug til rumvarme og varmt brugsvand. Hertil kommer et potentiale for yderligere energibesparelser på selve installationsområdet, der ikke er medtaget i dette scenarie.

Det største energibesparelspotentiale mht. energirenovering af klimaskærmen findes for etagebyggeri opført mellem 1850-1930.

Referencer

- [1] Kragh, J (2009), Videncenter for energibesparelse i bygninger, SBI, Statens Byggeforskningsinstitut.
- [2] Energimærkningsordningen, april 2010, Fællessekretariat for eftersyns- og mærkningsordningerne.
- [3] Bygnings og boligregistret BBR 2010, Energistyrelsen.
- [4] Wittchen K. B. (2009), Potentielle energibesparelser i det eksisterende byggeri. (SBI 2009:05), Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.
- [5] Energistatistik 2008, Energistyrelsen